



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 37 763.4

Anmeldetag: 17. August 2002

Anmelder/Inhaber: Schott Glas, Mainz/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen oder von Bauteilen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen durch Verschweißen

IPC: B 23 K 31/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

102 37 763.4

Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen oder von Bauteilen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen durch Verschweißen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen, insbesondere zur Herstellung stoffschlüssiger Verbindungen von Bauteilen aus oxid-dispersionsverstärkten Edelmetall-Legierungen, im einzelnen mit den Merkmalen aus dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Es ist bekannt, bei der Herstellung von Spezialgläsern zur Homogenisierung oder zum Transport der Glasschmelze Edelmetall-ummantelte Bauelemente, zum Beispiel Rührer, Rinnen, Speiserköpfe einzusetzen. Bei den verwendeten Edelmetall-Legierungen handelt es sich meist um Platin-Basislegierungen mit Legierungszusätzen von Rhodium, Iridium oder Gold. Werden sehr hohe Bauteilfestigkeiten aufgrund mechanischer und/oder thermischer Belastungen durch die Glasschmelze gefordert, werden zunehmend oxid-dispersionsverstärkte Platin-Basislegierungen eingesetzt, da diese durch eine höhere thermische, mechanische und chemische Belastbarkeit als Standardlegierungen charakterisiert sind. Oxid-dispergierte Legierungen, im folgenden ODS-Legierungen genannt, zeichnen sich dabei durch ein sehr homogenes Gefüge aus. ODS-Edelmetalllegierungen auf der Basis PtRh10, PtAu5 oder Rein-Pt, die in der Glasindustrie zur Herstellung von Bauteilen Anwendung finden, weisen darüber hinaus eine deutlich geringere Neigung zur Grobkornbildung bei hohen Temperaturen auf, wodurch die mechanischen Eigenschaften positiv beeinflusst werden können. Neben der Wahl des geeigneten Werkstoffes spielt jedoch auch die Herstellung, insbesondere Formgebung der Edelmetall-ummantelten Bauelemente eine wesentliche Rolle für die Festigkeit. In der Regel werden diese aus einzelnen Halbzeugen, d.h. Blechen oder Blechelementen zur geforderten Geometrie zusammengefügt. Diese Verbindung wird dabei in der Regel durch Schmelzschweißen der einzelnen Halbzeuge erzeugt. Dabei werden die

Stoßstellen der miteinander zu verbindenden Bauteile und gegebenenfalls ein artgleicher Zusatzwerkstoff durch Wärmezufuhr in den schmelzflüssigen Zustand überführt und zusammengeschmolzen. Die Schmelzwärme kann dabei durch einen elektrischen Lichtbogen oder ein entzündetes Gas-Sauerstoff-Gemisch erzeugt werden. Werden jedoch derartig gefügte Bauelemente sehr hohen Temperaturen, beispielsweise oberhalb von 1200°C ausgesetzt, bildet die Schweißnaht häufig die Schwachstelle des gesamten Materialverbundes. Als Ursache konnten Inhomogenitäten in der Schweißnaht und Gefügeveränderungen in der Wärmeeinflusszone ermittelt werden. Besonders Längsschweißnähte in zylindrischen Bauteilen, wie beispielsweise Rohren, sind bedingt durch die annähernd doppelt so hohen wirkenden Spannungen verglichen mit umlaufenden Schweißnähten besonders gefährdet, so dass diese Nähte häufig versagen und aufreißen. Beim Einsatz bekannter Schweißverfahren, wie beispielsweise dem Wolfram-Inert-Gasschweißen (WIG-Schweißen), Plasmaschweißen, Laser- oder autogenen Schweißen wird ein Aufschmelzen der Legierung herbeigeführt. Während beim Aufschmelzen klassischer Substitutions-Mischkristalllegierungen durch Rekristallisation beim Einsatz von oberhalb 1200° C nur sehr geringe Festigkeitsverluste in der Schweißnaht zu beobachten sind, führt das Aufschmelzen beim Schweißen von oxid-dispersions-verstärkten Legierungen jedoch zum Koagulieren und Aufschwimmen eines Großteils der Dispersoide, typischerweise von ZrO_2 und/oder Y_2O_3 in der Schmelze. Es entsteht ein grobkörniges Erstarrungsgefüge in der Schweißnaht. Die verfestigende Wirkung der Dispersoide in der Schweißnaht ist somit aufgehoben. Die Belastbarkeit und Lebensdauer eines derart zusammengefügt Bauelementes sinkt dann auf das Niveau von aus Standardlegierungen gefügten Bauelementen. Maßnahmen zur Vermeidung dieses Nachteils sind aus den Druckschriften JP 5212577 A und EP 0320877 B1 vorbekannt. Bei den darin offenbarten Verfahren wird eine Schmelzschweißnaht an ODS-Blechen nachträglich mit einer Pt-ODS-Folie belegt und durch Verhämmern bei hohen Temperaturen in die Naht gedrückt. Diese Maßnahme bewirkt eine Verfeinerung der Korngrößenverteilung auf der Oberfläche der Schweißnaht durch die Folie und damit eine Reduzierung der

Wahrscheinlichkeit der Rissbildung an der Oberfläche. Eine weitere Möglichkeit zur Kompensation der Festigkeitsabnahme in der Schweißnaht wurde in der Realisierung der Verbindung über Bördelnähte gesehen. Diese bedingen jedoch unerwünschte Materialverdickungen im Fügebereich, welche beim Beheizen dieser Bauteile im direkten Stromfluss- beispielsweise zum Zwecke der Erwärmung der durch derart gefügte Bauelemente geführten Glasschmelzen Temperaturunterschiede an der Naht zur Folge haben, welche bei der Glasherstellung wiederum zu erheblichen Glasfehlern führen können. Ferner ist eine Sicking dieser verdickten Schweißnähte nur bedingt mit befriedigendem Ergebnis möglich. Alternativ wurde daher auf stoffschlüssige Verbindungen mittels Hammerschweißnähten zurückgegriffen. Derartige Verbindungen unterliegen jedoch sehr hohen Qualitätsschwankungen. Um diese auszuschließen, sind ein extrem hoher Aufwand für die Schweißnahtvorbereitung und eine sehr genaue Regelung der Prozessparameter während des Schweißens erforderlich. Schwierig bei diesem Verfahren erweist sich beim Verhämmern die gleichmäßige Erwärmung der beiden zu fügenden Werkstoffe, insbesondere Bleche. Dabei ist es häufig kaum möglich, das in der Schweißposition untere Blech mit dem Brenner ausreichend zu erwärmen, um eine gute Klebwirkung beim Verhämmern zu erreichen. Das Verfahren ist somit sehr aufwendig, führt nicht zwangsläufig zu einem optimalen Ergebnis und ist sehr kostenintensiv. Ferner besteht ein prinzipielles Problem beim Anfertigen von Hammerschweißnähten darin, dass bei Legierungen mit einem Rhodium-Gehalt > 4 Gew.% und generell bei ODS-Legierungen eine geringe Klebeneigung des Materials während des Verhämmerns vorliegt. Die im ODS-Material bereits enthaltenen Oxide bzw. die sich beim Verhämmern bildenden Oxide, in der Hauptsache Rhodiumoxid, verringern deutlich das Verkleben der beiden Bauteile, insbesondere Bleche. Durch das schlechte Verkleben erhöht sich der Fertigungsaufwand erheblich, gleichzeitig steigt aber auch das Risiko, das in bestimmten Bereichen des Fügebereiches in der Naht kein ausreichender Verbund mehr erzielt wird.

Als weitere Möglichkeit der Herstellung von Schweißverbindungen aus oxid-dispersionsverstärkten Legierungen mit hoher Festigkeit wurde das Schweißen mit Zirkon und/oder Yttrium enthaltenden Legierungszusätzen angedacht. Diese Legierungsbestandteile sollten im Einsatz bei Temperaturen oberhalb von 1200°C durch innere Oxidation der Dispersoide im Material ausgeschieden werden und somit eine verfestigende Wirkung in der Schweißnaht erreichen. In der Praxis hat es sich aber gezeigt, dass diese Methode nur unzureichende Ergebnisse liefert, da während des Ausscheidens der Dispersoide gleichzeitig auch das Kornwachstum eintritt. So bildet sich oft sehr schnell ein grobkörniges Gefüge aus, in welchem erst wenige Dispersoide ausgeschieden sind und dessen mechanische Eigenschaften dadurch unzureichend sind. Ein derartiges Verfahren zur Herstellung von Rohren aus ODS-Edelmetallen ist in der DE 197 14 365 A1 beschrieben. Bei diesem Verfahren ist neben der Wärmebehandlung ein zusätzliches Walzen erforderlich, wodurch sich die Bearbeitung sehr langwierig und aufwendig gestaltet.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Verschweißen oxid-dispersierter-(ODS)-metallischer Werkstoffe zur Herstellung einer Verbindung von Bauteilen aus oxid-dispersions-verstärkten Legierungen zu schaffen, welche den erhöhten Anforderungen von aus diesen gebildeten Bauelementen beim Einsatz zur Glasherstellung gerecht wird, d.h. eine Verbindung zu schaffen, die sich durch eine hohe Festigkeit und thermische Beanspruchbarkeit auszeichnet und nicht zu ungewünschten Gefügeveränderungen unter hohen Temperaturen führt, die einen negativen Einfluss auf die diese Bauelemente um- bzw. durchströmenden Glasschmelzen ausüben, welcher in Glasfehlern resultiert.

Die erfindungsgemäße Lösung ist durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 44 charakterisiert. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Für die nachfolgend zur Erläuterung verwendeten Begriffe werden folgende Definitionen zugrunde gelegt:

Fügebereich der Bereich zwischen zwei Werkstoffen bzw. Bauteilen, welcher durch die stoffschlüssige Verbindung charakterisiert ist

5

Überlappungsbereich der Bereich, welcher durch den Kontakt bzw. das Aufeinanderaufliegen der miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile oder bei nicht direkter Berührung der gewünschten Anordnung dieser mit stoffschlüssiger Verbindung zueinander bei Positionierung für den Verschweißvorgang charakterisiert ist

Stoßstellen Flächensegmente oder Bereiche der zueinander weisenden und aneinander anliegenden Flächen für den Schweißvorgang positionierter oxid-dispersionsverstärkter Bauteile, welche über den Stoffschluss miteinander verbunden werden

15

Wärmeeinflusszone Bereich in dem das Gefüge der miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile unter Wärmezufuhr beeinflusst und verändert wird

20

Vorschubrichtung Richtung der Bewegung der Schweißvorrichtung oder der positionierten Werkstoffe bzw. Bauteile

Erfindungsgemäß erfolgt beim Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen von Bauteilen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen das Verschweißen der einzelnen Werkstoffe jeweils unterhalb ihrer Schmelztemperatur unter wenigstens teilweiser Bildung eines Diffusionsverbundes im Fügebereich. In einem zweiten Verfahrensschritt wird der Diffusionsverbund, vorzugsweise der gesamte Fügebereich, auf eine Temperatur, welche ebenfalls unterhalb der Schmelztemperatur der miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile liegt, erwärmt und bei dieser Temperatur

25

30

mechanisch nachverdichtet, vorzugsweise verhämmert. Die beiden miteinander zu verbindenden Werkstoffe definieren dabei je nach Anordnung zueinander vor dem Schweißvorgang die Stoßstellen, wobei diese in der Regel auch den Fügebereich, d.h. den Bereich, in welchem die gewünschte Verbindung zwischen beiden erzeugt werden soll, definieren. Erfindungsgemäß wird somit eine unlösbare stoffschlüssige Verbindung von Bauteilen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen durch die Vorschaltung der Herstellung eines Diffusionsschweißverbundes vor die mechanische Nachverdichtung unter Wärme geschaffen. Der Diffusionsverbund ermöglicht dabei eine gute Wärmeeinbringung in beide miteinander zu verbindenden Bauteile, so dass durch die nachträgliche mechanische Nachverdichtung eine sehr hohe Restfestigkeit in der Fügezone verbleibt und damit ein hoch belastbarer Materialverbund in diesem Bereich geschaffen wird. Bedingt durch die Ausformung des Verbundes durch die nachträgliche mechanische Nachverdichtung erfolgt dabei kein abrupter Übergang zwischen den beiden Materialien sondern ein kontinuierlicher Übergang. Dieser kontinuierliche Übergang ist durch sehr gute thermomechanische Eigenschaften charakterisiert, die eine Verwendung derartiger Verbindungen von oxid-dispergierten-metallischen Werkstoffen auch bei sehr hohen Temperaturen, beispielsweise bei $> \text{oder} = 1400^{\circ}\text{C}$ ermöglichen.

Zur Herstellung des Diffusionsverbundes wird die Schmelztemperatur des Werkstoffes als Grenztemperatur gesetzt, die den geringeren Wert aufweist. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung wird dabei eine Schmelztemperatur im Bereich von einschließlich des 0,6- bis 0,9-fachen, vorzugsweise 0,7 bis 0,9-fachen Betrages der Schmelztemperatur gewählt. Dadurch wird nur eine geringe Aufschmelzung erzielt. Der Diffusionsverbund beim Diffusionsschweißen entsteht dabei durch Anformung der Fügeflächen sowie Diffusion der Atome über die Stoßflächen der miteinander zu verbindenden Bauteile bzw. Werkstoffe im Fügebereich hinweg. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt dieser Vorgang unter Aufbringung eines stetigen Druckes im Fügebereich, um die zu verbindenden Bauteile

zusammenzupressen, allerdings frei von oder mit nur sehr geringer plastischer Verformung im einstelligen Prozentbereich.

Als Schweißverfahren finden dabei nachfolgend genannte Anwendung, wobei auf den verringerten Energieeintrag zu achten ist, welcher die Aufschmelzung der miteinander zu verbindenden Bauteile bzw. Werkstoffe so gering wie möglich hält:

1. Schmelzschweißverfahren
2. Pressschweißverfahren

Im erstgenannten Fall, beim Schmelzschweißverfahren, werden dabei die Stoßstellen der zu verbindenden Werkstoffe und gegebenenfalls bei Verwendung eines artgleichen Zusatzstoffes dieser durch Wärmezufuhr durch den verringerten Energieeintrag teilweise in den schmelzflüssigen Zustand überführt. Dies bedeutet, dass die miteinander zu verbindenden Werkstoffe beim Schweißen nicht vollständig aufgeschmolzen werden und im Fügebereich wenigstens teilweise ein Diffusionsverbund entsteht. Die vollständige Verbindung im Fügebereich erfolgt dann durch den nachgeschalteten Bearbeitungsvorgang der mechanischen Nachverdichtung unter Wärme, in der Regel Verhämmern. Als besonders vorteilhaft zur Verbesserung der thermomechanischen Festigkeit in der Fügezone wurde eine Kombination aus einem Schmelzschweißverfahren in Form des so genannten Wolfram-Inert-Gasschweißverfahrens (WIG-Schweißen) und einer Hammerschweißnaht ermittelt. Dabei wird mit einem deutlich verringerten Energieeintrag beim WIG-Schweißen gearbeitet, wobei die beiden zu verschweißenden Werkstoffe bzw. Bauteile beim Schweißen nicht vollständig aufschmelzen. Durch das nachfolgende heiße Verhämmern werden dann die beiden Werkstoffe miteinander im Fügebereich vollständig verschweißt, wobei durch die Schweißnaht eine gute Wärmeeinbringung in beide miteinander zu verbindende Bauteile erzielt wird. Da die Aufschmelzzone der WIG-Naht nur ca. 15 % bis 25 % der Dicke des einen Bauteiles beträgt und die Schmelzzone beim Verhämmern sehr stark umgeformt wird, verbleibt eine sehr hohe Restfestigkeit in der Fügezone.

Beim Pressschweißverfahren werden die Stoßstellen der zu verbindenden Werkstoffe durch Wärmezufuhr örtlich in einen knetbaren Zustand versetzt und durch Druck plastisch vereinigt. Die Wärme wird zumeist durch Elektroenergie, insbesondere Widerstandserwärmung, erzeugt. Andere Energieformen sind möglich. Wird auch hier mit einem geringeren Energieeintrag gearbeitet, findet keine vollständige Aufschmelzung statt. Die eigentliche Verschweißung erfolgt dann durch den aufgebrachten Druck, der zu einer plastischen Vereinigung führt.

Charakteristische Verfahrensparameter zur Herstellung des Diffusionsverbundes sind dabei die Schweißtemperatur, der Anpressdruck sowie die Schweißzeit, welche durch die Zeitdauer der örtlichen Einwirkung von Temperatur und Druck im Fügebereich charakterisiert ist. Da der Stofftransport nur durch Diffusion in der Regel reine oxidfreie Oberflächen erfordert, wird vorzugsweise unter Vakuum- und Schutzgasatmosphäre gearbeitet.

Die mechanische Nachverdichtung erfolgt bei Temperaturen, die ebenfalls unterhalb der Schmelztemperatur der miteinander zu verbindenden Bauteile aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen liegen, durch schlagartige Belastung, vorzugsweise stetige schlagartige Einwirkung auf den Diffusionsverbund, insbesondere durch Verhämmern. Der Energieeintrag erfolgt beispielsweise direkt durch elektrischen Stromfluss. Andere Möglichkeiten sind denkbar. Aufgrund der Überlappung erfolgt die Einwirkung nicht direkt sondern über die Bauteile auf den Diffusionsverbund. Das Verhämmern kann dabei einseitig oder aber auch beidseitig erfolgen. Im erst genannten Fall wird dabei die schlagartige Belastung auf ein Bauteil im Fügebereich ausgeübt, während das andere zweite eine Abstützung an einem ortsfesten Anschlag erfährt, die zur durch die schlagartige Belastung aufgebrachten Kraft eine Gegenkraft erzeugt. Im anderen Fall erfolgt die schlagartige Einwirkung gleichzeitig beidseitig.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird es möglich, eine stoffschlüssige Verbindung zwischen oxid-dispergierten-metallischen Werkstoffen zu schaffen, die im Fügebereich durch eine hohe Festigkeit und gute thermomechanische Eigenschaften charakterisiert ist und sich diesbezüglich nicht von den zu verbindenden Bauteilen unterscheidet. Im Fügebereich ist keine Materialschwäche zu verzeichnen, so dass Rissbildungen hier nahezu ausgeschlossen werden können. Ferner wird mittels dieser Art der Verbindung ein Übergang zwischen beiden zu verbindenden Bauteilen hergestellt, für welchen im metallographischen Querschliff keine Fügezone ersichtlich ist.

Bezüglich der Anordnung und der Stoßarten bestehen eine Mehrzahl von Möglichkeiten:

- Überlappungsstoß, d.h. die Teile überlappen sich
- Parallelstoß, d.h. die Teile liegen breitflächig aneinander

Die Werkstoffe werden dabei zum Fügen vorzugsweise derart überlappend angeordnet, dass diese einen Überlappungsbereich aufweisen, der dem drei- bis sechsfachen der Blechdicke entspricht. Die Kontaktflächen im Überlappungsbereich können eben oder aber auch angefast ausgebildet sein.

Diese Anordnung ist sowohl für die Schmelzschweiß- als auch Pressschweißvariante zur Erzielung des Diffusionsverbundes möglich.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung können Materialverbunde von oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen bzw. zwischen Bauteilen aus diesen in beliebiger Anzahl n , vorzugsweise aus zwei oder drei Bauteilen erstellt werden. Diese werden dann im Fügebereich einander überlappend angeordnet. In einer senkrechten Schnittebene durch den Überlappungsbereich beträgt dann die Anzahl der parallelen Fügebereiche, welche zwischen jeweils zwei einander kontaktierenden Bauteilen bestehen, gleich $(n-1)$.

Die Herstellung des Diffusionsverbundes durch Pressschweißen ist des weiteren vorzugsweise dadurch gekennzeichnet, dass die oxid-dispersions-verstärkten Edelmetall-Legierungsbauteile im Fügebereich einander überlappend unter Bildung eines Überlappungsbereiches angeordnet bzw. positioniert werden und die sich durch die überlappende Anordnung ergebenden Stoßstellen der oxid-dispersionsverstärkten Edelmetall-Legierungsbauteile durch gleichmäßige Wärmezufuhr beidseitig des Überlappungsbereiches in der Wärmeeinflusszone örtlich nacheinander fortlaufend in Vorschubrichtung der Schweißvorrichtung oder der miteinander zu verbindenden Bauteile in den fließfähigen Zustand versetzt und unter Druck plastisch vereinigt werden. Der Abstand zwischen zwei bei Verbindung der einzelnen Stoßstellen entstehenden benachbarten Schweißpunkten ist in Vorschubrichtung dann betrachtet geringer als die Abmessung eines Schweißpunktes in dieser Richtung. Somit erfolgt die Verbindung über ein Pressschweißverfahren durch eine durchgängige Schweißnaht, womit sehr homogene Gefüge im Bereich der Wärmeeinflusszone erzielt werden können. Die so entstandene Verbindung ist dann durch hohe Standzeiten charakterisiert.

Durch die zusätzliche optimale Abstimmung der Prozessparameter aufeinander-Vorschubgeschwindigkeit der Bauteile oder der Schweißvorrichtung, Anpressdruck und zugeführte Wärme - kann die Aufschmelzung derart gesteuert werden, dass diese nur an den Berührungsflächen, d.h. den Stoßstellen zwischen den beiden Bauteilen auftritt. Ein vollständiges Aufschmelzen des Schweißnahtbereiches kann somit vermieden werden. Die geringe Tiefe der Aufschmelzzone bedingt dabei in vorteilhafter Weise keine Veränderung des feinkörnigen Gefüges in der Wärmeeinflusszone der oxid-dispersionsverstärkten-Edelmetall-Legierungsbauteile.

Bei gewählter sehr hoher Dichte der Schweißpunkte in Vorschubrichtung betrachtet kann eine Naht mit nahezu gleichmäßiger Nahtdicke über die Erstreckung in Vorschubrichtung erzielt werden. Derartige Verbindungen sind

dann besonders für die Fertigung von Edelmetall ummantelten Bauelementen aus einer Mehrzahl einzelner Halbzeuge aus oxid-dispersions-verstärkten Edelmetall-Legierungen geeignet, deren Geometrie durch die Verbindung dieser Bauteile bestimmt wird und welche in Verarbeitungsprozesse als Werkzeug oder Führungsmittel integrierbar sind, die das Bauelement hohen thermischen und mechanischen Belastungen bei gleichzeitig geforderten homogenen Verhalten des Bauelementes - eingeschlossen der Materialverbindung - aussetzen. Derartige Bauelemente finden beispielsweise bei der Glasherstellung zum Zwecke der Beeinflussung, insbesondere Homogenisierung und Führung von Glasschmelzen als Rührer, Rinnen oder Speiserköpfe Verwendung.

Vorzugsweise werden als Pressschweißverfahren Reihenpunkt- bzw. Nahtschweißverfahren eingesetzt, wobei die Anordnung der Nahtverbindungen in Vorschubrichtung betrachtet einreihig oder zweireihig erfolgt, d.h., bei Ausführung der Bauteile als Bleche sind in Vorschubrichtung eine Naht oder zwei parallele Nähte angeordnet. Derartige Materialverbunde zeichnen sich durch eine erhöhte Festigkeit aus.

Die Wärmezufuhr kann dabei über unterschiedliche Energieformen sichergestellt werden. Vorzugsweise werden Elektroenergie oder Ultraschall genutzt. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens gelangt als Schweißverfahren ein Widerstandsschweißverfahren zum Einsatz, bei welchem über wenigstens eine an mindestens eine Stromquelle anschließbare und auf beiden Seiten des Überlappungsbereiches angeordnete und auf das jeweilige Bauteil einwirkende Schweißelektrode die erforderliche Schmelzwärme beim kurzzeitigen Wirken eines Stromes an der Schweißelektrode durch den hohen Übergangswiderstand am Bauteil hervorgerufen wird. Der erforderliche Anpressdruck wird dabei über die Elektroden erzeugt. Die Aufschmelztiefe an den oxid-dispersions-verstärkten Edelmetall-Legierungsbauteilen ist bei diesem Verfahren als Funktion der Stromstärke und/oder der Vorschubgeschwindigkeit und/oder des Anpressdruckes steuerbar.

Vorzugsweise wird als Widerstandsschweißverfahren ein Rollennahtschweißverfahren eingesetzt, wobei beidseitig des Überlappungsbereiches einander gegenüberliegend Schweißelektroden in Form von Rollelektroden angeordnet sind. Diese sind drehbar gelagert und es ist
5 wenigstens eine von beiden antreibbar, so dass die Abrollbewegung zum Vorschub der Bauteile genutzt werden kann. Die Rollelektroden üben gleichzeitig auch den Druck auf die Bauteile aus. Diese können gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung auch angefast sein. Die Fase weist dann eine Breite auf, die dem 3 bis 7-fachen Betrag der Dicke der Bauteile entspricht. Mit dieser
10 Lösung können mit minimalem Aufwand sehr hohe Schweißnahtdichten erzielt werden, welche sich in einer Naht mit gleichmäßiger Nahtdicke über den gesamten Nahterstreckungsbereich in Vorschubrichtung widerspiegeln. Zur Veränderung des Anpressdruckes sind die Rollelektroden verschiebbar gegenüber den Bauteilen gelagert.

15 Gemäß einer vorteilhaften Ausführung sind die Elektroden gekühlt, vorzugsweise wassergekühlt.

Zur Erzielung von Materialverbunden aus mehreren Bauteilen mit möglichst
20 gleichmäßiger Wandstärke, d. h. gleiche Wandstärken im Fügebereich und außerhalb, werden die oxid-dispersions-verstärkten Edelmetall-Legierungsbauteile gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung jeweils im Fügebereich angefast und die Bauteile an den so entstehenden Fasenflächen aneinander
anliegend überlappend angeordnet. Die Bauteile können dadurch in einer Ebene
25 angeordnet werden, wobei die Wandstärke des durch Verschweißen aus beiden Bauteilen entstehenden Materialverbundes an der Schweißnaht bzw. in unmittelbarer Nähe der Schweißnaht gegenüber der Wandstärke des einzelnen Bauteiles bestehen bleibt. Auch die mechanische Nachverdichtung führt dann
nicht zu einer Verdickung im Fügebereich. Derartige Verbindungen sind dann
30 besonders für das Zusammenfügen von Bauteilen zu Bauelementen geeignet, welche in Prozessen zum Einsatz gelangen, für welche beispielsweise ein

gleichmäßiges Wärmedurchgangsverhalten über die gesamte Erstreckung des Materialverbundes von besonderer Bedeutung ist.

Um einen möglichst großen Überlappungsbereich zu erzielen, beträgt die Länge der Fasenfläche im Querschnitt durch ein Bauteil betrachtet ein Vielfaches der Dicke des Bauteiles, insbesondere wenigstens das 2 bis 5-fache.

Um ein Verschieben bzw. Verrutschen der in Schweißposition aufeinandergelegten Bauteile unter dem Einfluss des Anpressdruckes bei gefasteten Bauteilen zu vermeiden, werden gemäß einer vorteilhaften Weiterentwicklung wenigstens die Fasenflächen im Fügebereich, vorzugsweise im gesamten Überlappungsbereich mit einer erhöhten Oberflächenrauigkeit versehen. Diese kann beispielsweise durch wenigstens eine der nachfolgend genannten Größen charakterisiert werden:

- Zehnpunkthöhe R_z (nach Iso= Arithmetisches Mittel der absoluten Beträge der jeweils fünf größten Profilkammhöhen und Profiltaltiefen)
- arithmetischer Mittenrauhwert R_a (arithmetischer Mittelwert der absoluten Beträge der Profilabweichungen innerhalb der Rauheitsbezugsstrecke)
- Maximale Profiltaltiefe R_m (Abstand des tiefsten Profiles von der Mittellinie)
- Maximale Profilhöhe $R_y = R_t$ (Abstand zwischen der Linie der Profilkuppen und der Profiltäler $R_y = R_p + R_m$)
- Maximale Profilkuppenhöhe R_p - (Abstand des höchsten Punktes des Profiles von der Mittellinie innerhalb der Bezugsstrecke)
- / Gemittelte Rauhtiefe R_z / (Mittelwert der Rauheitskenngröße von fünf Bezugsstrecken innerhalb einer Auswertlänge)

Die gemittelte Rauhtiefe der aufgerauhten Flächenbereiche beträgt das 10- bis 100-fache der gemittelten Rauhtiefe der miteinander zu verbindenden Bauteile.

Typisch aufgerauhte Oberflächen weisen eine Rauigkeit zwischen einschließlich $R_z \sim 40 \mu\text{m}$ bis $R_z \sim 120 \mu\text{m}$ auf.

Die erforderliche Rauigkeit kann dabei bereits beim Anfasen durch Trennen mit definierten Schneiden oder aber durch spätere Oberflächenbearbeitung durch Trennen mit undefinierten Schneiden, beispielsweise Schleifen erfolgen. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführung werden die Bauteile im Fasenbereich mittels einer Prägewalze gezielt aufgeraut. Durch die Aufrauung wird ein Auseinandergleiten der Bauteile sicher verhindert, was zu einer höheren Geometriegenauigkeit der Schweißnaht und damit des entstehenden Materialverbundes bzw. des Bauelementes führt. Ferner sind auch die entstehenden Schweißnähte durch eine höhere Belastbarkeit gegenüber Schweißnähten an glatten Flächen charakterisiert, da die Aufrauung eine bessere Kontrollierbarkeit der Schweißparameter ermöglicht, da durch die gezielte Aufrauung die für den Stromübergang maßgebende Kontaktfläche durch das Ineinanderdrücken der aufgerauten Bereiche gleichmäßiger ist.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil eines erfindungsgemäß hergestellten Materialverbundes mit im Fügebereich angefasen Fügeflächen besteht darin, dass der gesamte verschweißte Materialverbund auch weiteren Bearbeitungsschritten unterzogen werden kann, in welchem z. B. Sicken, die senkrecht zur Schweißnaht verlaufen, sowohl in die Bauteile als auch im Fügebereich eingearbeitet werden können.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Lösung unabhängig vom gewählten Verfahren zur Herstellung des Diffusionsverbundes ist es vorgesehen einen Schweißzusatz zu verwenden.

Dieser wird im Fügebereich zwischen den beiden miteinander zu verbindenden Werkstoffen bzw. Bauteilen aus oxid-dispergierten-metallischen Werkstoffen angeordnet. Der Schweißzusatz kann dabei in Form eines separaten Elementes oder aber einer Beschichtung auf wenigstens einer der zueinander weisenden Fügeflächen im Fügebereich ausgebildet sein. Als Schweißzusätze eignen sich dabei besonders duktile schmelzlegierte Legierungen, beispielsweise PtAu5, PtIr1, Rein-Pt, aber auch festere Legierungen, beispielsweise PtRh5, PtRh10, PtIr3.

Durch den Schweißzusatz kann ein wesentlich besserer Verbund zwischen den beiden miteinander zu verbindenden Werkstoffen erzielt werden, da die Klebeneigung zwischen den beiden Werkstoffen deutlich erhöht wird, was den Fertigungsaufwand erheblich reduziert. Des weiteren wird die thermische und mechanische Belastbarkeit der Fügezonen erheblich gesteigert. Die Wirkung beruht darauf, dass die sich oberflächlich gebildeten Oxide in den Überlappungszonen in das duktile Material des Schweißzusatzes eingedrückt werden, wodurch sich ein fester Verbund zwischen den beiden Werkstoffen ergibt.

Vorzugsweise, da mit geringem Aufwand realisierbar, wird im Fügebereich zwischen die miteinander zu verbindenden Werkstoffe wenigstens eine Edelmetallfolie eingefügt. Diese ist vorzugsweise durch eine Dicke von einschließlich 20 µm bis 200 µm gekennzeichnet. Typischerweise beträgt die Dicke der Edelmetallfolie 30 µm bis 150 µm, in Ausnahmefällen bis zu 250 µm. Durch die nachgeschaltete Verhämmerung bei hohen Temperaturen können dann die beiden Werkstoffe sehr leicht aneinandergefügt werden. Schliffbilder durch die verhämmerter Fügezone zeigen, dass sich eine Schweißnaht bildet, in der sich die ursprüngliche Folie bis zur Dicke von weniger als 30 µm ausbildet. Durch die Diffusionsprozesse während des eigentlichen Schweißens entsteht dann ein sehr belastbarer Materialverbund in diesem Bereich. Anstelle von gewalzten Platin-Folien kann auch Blattgold eingesetzt werden. Die Folien selbst können vollständig aus den genannten Legierungen bestehen oder aber lediglich mit einer entsprechend starken Beschichtung aus diesen versehen werden, wobei der Kontakt mit den zu verbindenden Bauteilen über die Beschichtung erfolgt. Ferner besteht die Möglichkeit, nicht nur eine einzelne Folie zu verwenden, sondern einen Folienverbund, d.h. das $n+1$ Folien miteinander verbunden werden können, wobei $N \geq 1$ beträgt.

Gemäß einer alternativen Ausführung kann anstelle des Einfügens einer Folie auch die jeweilige Kontaktzone der miteinander zu verbindenden Werkstoffe im Überlappungsbereich mit einer dünnen Edelmetallschicht, in Analogie wie bei der

Folie, beispielsweise durch Platin-Legierungen folienverschweißend beschichtet werden. Diese Beschichtung kann zum Beispiel galvanisch oder auch durch stromlose Abscheidung aufgebracht werden. Ferner denkbar ist eine Beschichtung mittels eines thermischen Spritzvorganges. Vorzugsweise werden dabei Schichten mit einer Dicke von einschließlich 30 µm bis 80 µm aufgebracht.

Besonders einfach ist die Herstellung von Hammerschweißnähten durch die mechanische Nachverdichtung durch Verhämmern mit Folien als Zwischenschicht, wenn zusätzlich mit einem Pressschweißverfahren in Form eines Rollennaht-Schweißverfahrens, wie bereits beschrieben, zur Herstellung des Diffusionsverbundes gearbeitet wird. Dabei wird die Folie zwischen beide Bauteile bzw. die miteinander zu verbindenden Werkstoffe gefügt. Über das Rollennaht-Schweißen werden die beiden Bauteile fest miteinander verbunden. Der entscheidende Vorteil besteht darin, dass keine Verunreinigung in Form von Oxiden zwischen die Folie und die Bauteile gelangen kann. Verunreinigungen in Form von Oxiden bedeuten immer eine Schwächung der Schweißnaht und können zum Versagen der Naht unter Belastung führen. Erst in dem nachfolgenden Arbeitsschritt wird dann die Fügestelle heiß verhämmer. Eine weitere zusätzliche Verbesserung beim Rollennaht-Schweißen ist ferner durch die Verwendung von Wolfram- und Molybdän-Elektroden erzielbar. Bei der Verwendung von Elektroden aus Kupfer bzw. seinen Legierungen wird nämlich sehr häufig ein Ankleben der Elektroden an die zu verschweißenden Edelmetall-Bleche festgestellt, wodurch die Wahl der Schweißparameter stark eingeschränkt ist. Mit dem bevorzugten Elektrodenmaterial können die Schweißparameter, insbesondere Stromstärke und Anpressdruck über einen sehr weiten Bereich variiert werden, so dass kein Aufschmelzen an den Kontaktstellen zwischen den miteinander zu fügenden Werkstoffen beim Verschweißen erreicht wird, trotzdem jedoch ein ausreichender Verbund erzielt werden kann. Dabei handelt es sich bei diesem Verbund um einen reinen Diffusionsverbund. Die geringere Neigung zum Verkleben bei Molybdän oder Wolfram wird durch die Bildung von flüchtigen

Oxiden bedingt, die während des Schweißens bei hohen Temperaturen abdampfen.

5 Ein besonderer Vorteil beim Verfahren des Rollennahtschweißens besteht ferner darin, dass selbst Bleche bzw. Folien mit sehr geringer Wandstärke miteinander verschweißt werden können. Darin anschließend ist nur noch ein sehr geringes Verhämmern notwendig. Das beschriebene Verfahren ist somit vorzugsweise zum Verschweißen dünnerer Bleche, insbesondere von Dicken von einschließlich 50 µm bis ca. 5 mm, in Ausnahmefällen auch höher, einsetzbar.

15 Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass ODS-Legierungen auf Basis von PtRh10 direkt an schmelzmetallurgisch hergestellte Standardlegierungen (Pt-Rh, Pt-Au und Pt-Ir) gefügt werden können. Bedingt durch das Ausformen der Naht beim Schmieden erfolgt kein abrupter Übergang zwischen den zwei Werkstoffen, sondern es findet ein kontinuierlicher Übergang statt. Dieser kontinuierliche Materialübergang weist wiederum Vorteile hinsichtlich der thermomechanischen Eigenschaften auf.

20 Die Bauteile können bei der Herstellung der Schweißnaht allgemein bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei entsprechender Positionierung der Schweißvorrichtung hinsichtlich ihrer Lage durch folgende Schweißpositionen charakterisiert werden:

- 25 - kombinierte Wannen- und Überkopflage, d.h. die Bauteile sind in einer horizontalen Ebene ausgerichtet und die zum Schweißverfahren erforderliche Wärmezufuhr und der zur plastischen Verformung erforderliche Druck erfolgen senkrecht, d.h. in vertikaler Richtung zu den zu fügenden Bauelementen sowohl von oben als auch unten
 - kombinierte Horizontal- und Halbüberkopflage, d.h. die zu fügenden Bauteile sind in einem Winkel zur Horizontalen ausgerichtet, die Schweißvorrichtung entsprechend senkrecht zu diesem
- 30

- Querlage, d.h. die zu fügenden Bauelemente sind in vertikaler Richtung angeordnet und die zum Schweißverfahren erforderliche Wärmezufuhr und der zur plastischen Verformung erforderliche Druck erfolgen senkrecht, d.h. in horizontaler Richtung auf die zu fügenden Bauelemente

5

Bezüglich der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind für die Ausführung der einzelnen Bauteile keine Einschränkungen gegeben. Bei den oxid-dispersions-verstärkten Edelmetall-Legierungsbauteilen kann es sich dabei sowohl um ebene als auch geformte Blechelemente oder Hohlkörper, wie beispielsweise Rohre handeln.

15

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können oxid-dispersionsverstärkte-Edelmetall-Legierungen, die Zirkonoxid und/oder Yttriumoxid als Feinkornstabilisator enthalten, gut verschweißt werden. Das Verfahren eignet sich in vorteilhafter Weise ferner zum Verschweißen von oxid-dispersionsverstärkten Platin-Basislegierungen, d.h. reinem Platin, Platin-Rhodium, Platin-Gold und Platin-Iridium. Dabei können Werkstoffe gleicher Zusammensetzung oder aber auch Bauteile aus unterschiedlichen Werkstoffen miteinander verschweißt werden.

20

Die erfindungsgemäße Lösung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Darin ist im einzelnen folgendes dargestellt:

25

Figur 1a und 1b verdeutlichen anhand zweier Schnittdarstellungen durch eine Schweißvorrichtung in schematisch stark vereinfachter Darstellung das Grundprinzip einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des ersten Verfahrensschrittes zur Herstellung eines Diffusionsverbundes des erfindungsgemäßen Verfahrens durch ein Rollennahtschweißverfahren, wobei die miteinander zu verbindenden Bauteile im Fügebereich angefast sind;

30

- Figur 1c verdeutlicht eine Weiterentwicklung gemäß den Figuren 1a und 1b mit Zwischenfügen einer Edelmetallfolie im Fügebereich der beiden miteinander zu verbindenden Bauelemente;
- 5 Figur 1d verdeutlicht in schematisch stark vereinfachter Darstellung das Grundprinzip des zweiten Verfahrensschrittes in Form der mechanischen Nachverdichtung des Diffusionsverbundes gemäß der Figuren 1a – 1c durch Verhämmern;
- Figur 2a und 2b zeigen anhand zweier Schnittdarstellungen gemäß Figur 1a und 1b das Verfahren zur Herstellung eines Diffusionsverbundes mit in zwei Ebenen angeordneten Bauteilen;
- Figur 2c verdeutlicht anhand einer Ausführung gemäß Figur 2a die Herstellung eines Diffusionsverbundes mit Hilfe eines
- 15 Schweißzusatzes in Form einer Beschichtung im Fügebereich;
- Figur 3a verdeutlicht in schematisch vereinfachter Darstellung eine weitere Möglichkeit zur Erzielung eines Diffusionsverbundes mittels eines modifizierten Schmelzschweißverfahrens;
- Figur 3b verdeutlicht in schematisch vereinfachter Darstellung die
- 20 Kombination eines Schweißverfahrens gemäß Figur 3a mit nachgeordneter bzw. nachgeschalteter mechanischer Verdichtung unter erhöhter Temperatur anhand der Verbindung zweier oxid-dispergierter-(ODS)-metallischer Werkstoffe;
- 25 Figur 4a verdeutlicht einen metallographischen Querschliff durch eine stoffschlüssige Verbindung durch Rollennahtschweißen und anschließender Nachverdichtung ohne Schweißzusatz;
- Figur 4b verdeutlicht einen metallographischen Querschliff durch eine stoffschlüssige Verbindung mittels Rollennahtschweißen und
- 30 Hammerschweißen mit Schweißzusatz in Form einer Edelmetallfolie.

Die Figuren 1a und 1b verdeutlichen in schematisch vereinfachter Darstellung anhand zweier Schnittdarstellungen durch eine Schweißvorrichtung 1 das Grundprinzip des ersten Verfahrensschrittes des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Realisierung einer thermisch und mechanisch hochbelastbaren stoffschlüssigen Verbindung 2 zweier Bauteile 3 und 4, insbesondere zweier oxid-dispergierter-(ODS)-metallischer Werkstoffe bzw. von zwei Bauteilen aus oxid-dispersionsverstärkten Edelmetalllegierungen, die Herstellung eines Diffusionsverbundes 25, wobei hier auf eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrensschrittes zur Erstellung des Diffusionsverbundes 25 abgestellt wird. Figur 1a verdeutlicht dabei eine Schnittansicht in Vorschubrichtung der beiden Bauteile 3 und 4 durch diese, die Figur 1b verdeutlicht eine Schnittansicht quer zur Vorschubrichtung.

Die Anordnung der beiden zu verschweißenden Bauteile 3 und 4 in Schweißposition erfolgt gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung in einer gemeinsamen Ebene E1, wobei beide Bauteile 3 und 4 im Fügebereich 5 überlappend angeordnet sind. Unter Fügebereich 5 wird dabei der Bereich verstanden, welcher durch die direkte stoffschlüssige Verbindung beider Bauteile 3 und 4 charakterisiert ist. Die axiale Erstreckung I der Überlappung definiert einen Überlappungsbereich 6. Dabei weisen beide Bauteile 3 und 4 in besonders vorteilhafter Weise wenigstens im Überlappungsbereich 6 jeweils eine Fase 7 und 8 auf, welche in Schweißposition der beiden Bauteile 3 und 4 derart ausgerichtet ist, dass die Fasenflächen 9 der Fase 7 und 10 der Fase 8 zueinander weisen und aneinander anliegen. Zur Vermeidung des Verrutschens der Bauteile 3 und 4 in Schweißposition gegeneinander sind wenigstens die Flächenbereiche der Fasenflächen 9 und 10, welche unter der Einwirkung von Wärme und Kraft miteinander stoffschlüssig verbunden werden, mit einer erhöhten Oberflächenrauheit versehen, vorzugsweise die gesamten Fasenflächen 9 und 10. Die Oberflächenrauheit kann dabei beispielsweise durch die mittlere Rautiefe oder einen anderen Rauigkeitskennwert charakterisiert werden. Die gewünschte Aufrauung der Oberfläche kann dabei bereits durch die Fertigung, d.h. bei

Erstellung der Fase oder aber durch eine nachträgliche Oberflächenbearbeitung der Fasenfläche erzeugt werden. Die konkrete Auswahl liegt im Ermessen des zuständigen Fachmannes.

- 5 Das gewählte Verfahren ist im dargestellten Fall ein Widerstandsschweißverfahren, vorzugsweise ein Widerstandsrollennaht-Schweißverfahren, bei welchem die sich durch die überlappende Anordnung ergebenden Stoßstellen der oxid-dispersionsverstärkten Edelmetall-Legierungsbauteile 3 und 4 durch gleichmäßige Wärmezufuhr beidseitig des Überlappungsbereiches 6 in der Wärmeeinflusszone WEZ örtlich nacheinander fortlaufend in Vorschubrichtung der miteinander zu verbindenden Bauteile 3 und 4 in den knetbaren Zustand versetzt und unter Druck, vorzugsweise stetigem Druck plastisch vereinigt werden, wobei der Abstand zweier bei Verbindung der einzelnen Stoßstellen entstehenden benachbarten Schweißpunkte in
- 15 Vorschubrichtung betrachtet geringer ist als die Abmessung eines Schweißpunktes in dieser Richtung. Erfindungsgemäß erfolgt die Erwärmung in der Wärmeeinflusszone jedoch nur auf eine Temperatur, die unterhalb der Schmelztemperatur der miteinander zu verschweißenden Bauteile 3 und 4 liegt, vorzugsweise dem 0,7 bis 0,9-fachen Betrag der Schmelztemperatur des Bauteiles mit der geringeren Schmelztemperatur entspricht. Die
- 20 Schweißvorrichtung 1 umfasst dazu wenigstens zwei den beiden Bauteilen 3 und 4 im Überlappungsbereich 6 zugeordnete und einander jeweils auf ein Bauteil 3 oder 4 einwirkend gegenüberliegende und über eine Energiequelle 13 mit Strom versorgbare Schweißelektroden 11 und 12, im dargestellten Fall Rollelektroden.
- 25 Beide sind drehbar gelagert und vorzugsweise ist wenigstens eine der beiden antreibbar. Die erforderliche Schmelzwärme wird beim kurzzeitigen Wirken eines Stromes an der Schweißelektrode 11 und 12 durch den hohen Übergangswiderstand am Bauteil 4 und 3 hervorgerufen. Der erforderliche Anpressdruck wird dabei über die Elektroden 11 und 12 erzeugt. Diese dienen
- 30 dabei bei Ausführung als Rollelektroden dem Transport der Bauteile 3 und 4 in Vorschubrichtung. Die Aufschmelztiefe an den oxid-dispersions-verstärkten

Edelmetall-Legierungsbauteilen 3 und 4, insbesondere an den miteinander in Kontakt tretenden Fasenflächen 9 und 10 ist bei diesem Verfahren als Funktion der Stromstärke und/oder der Vorschubgeschwindigkeit und/oder des Anpressdruckes p steuerbar. Dazu kann eine, hier nur sehr schematisch dargestellte Steuervorrichtung 14 vorgesehen sein, welche jeweils mit den Stelleinrichtungen zur Beeinflussung dieser Parameter gekoppelt ist. Der Anpressdruck p wird durch Variation der Anpresskraft F beispielsweise über die Verschiebbarkeit der Schweißelektroden 11 und 12 gegenüber den miteinander zu verbindenden Bauteilen realisiert, hier durch einen Doppelpfeil an der Lagerung 15 der Schweißelektrode 11 verdeutlicht. Die Vorschubgeschwindigkeit kann durch Änderung der Drehzahl Δn der Rollelektroden 11 und 12 beeinflusst werden. Ferner kann die Stromstärke um ΔI geändert werden. Erfindungsgemäß erfolgt der Energieeintrag über die Schweißelektroden 11 und 12 derart, dass keine vollständige Aufschmelzung erfolgt, sondern eine Verbindung durch Diffusion realisiert wird. Als Elektrodenmaterial für die Schweißelektroden 11 und 12 wird vorzugsweise ein Werkstoff gewählt, der nicht mit den zu fügenden Bauteilen 3 und 4 reagiert. Vorzugsweise werden daher Elektroden aus Molybdän, Wolfram oder seinen Legierungen eingesetzt.

In der Schnittdarstellung I-I gemäß Figur 1a wird ersichtlich, dass der Abstand a zweier bei Verbindung der einzelnen Stoßstellen entstehenden benachbarten Schweißpunkte, hier beispielsweise 25.13 und 25.14 in Vorschubrichtung betrachtet geringer ist als die Abmessung a_1 eines Schweißpunktes 25.13 in dieser Richtung. Bei sehr hoher Schweißpunkt- und damit Nahtdicke kann die stoffschlüssige Verbindung 25 in Form einer Naht 16 mit nahezu gleichmäßiger Nahtdicke d über die Erstreckung in Vorschubrichtung erzeugt werden.

Bei der in den Figuren 1a und 1b dargestellten Ausführung ist die Naht beispielhaft einreihig.

Die Figur 1c verdeutlicht eine Weiterentwicklung gemäß Figur 1a, bei welcher im Überlappungsbereich 6 zwischen den Fasenflächen 9 und 10 ein Schweißzusatz 26 in Form einer Edelmetallfolie 17 vorgesehen ist. Die Dicke der Folie 17 beträgt vorzugsweise 30 µm bis einschließlich 150 µm. Als diese eignen sich besonders duktile schmelzlegierte Legierungen, beispielsweise PtAu5, PtIr1, Rein-Pt, aber auch festere Legierungen, beispielsweise PtRh5, PtRh10, PtIr3. Der Vorteil besteht darin, dass während des Rollennahtschweißvorganges keine Verunreinigungen zwischen die Folie 17 und die Bauteile 3 und 4 gelangen können.

Die Folie 17 ist derart bemessen, dass diese sich vorzugsweise sowohl in Vorschubrichtung als auch quer zur Vorschubrichtung über den gesamten Fügebereich 5 erstreckt, wobei diese durch wenigstens einen Teilbereich, vorzugsweise den Gesamtbereich des Überlappungsbereiches 6, charakterisiert ist.

In der Figur 1d wird in schematisch vereinfachter Darstellung das Grundprinzip des zweiten Verfahrensschrittes, der mechanischen Nachverdichtung unter höherer Temperatur für einen Diffusionsverbund 25 gemäß den Figuren 1a bis 1c wiedergegeben, in dessen Ergebnis die stoffschlüssige Verbindung 2 vorliegt. Diesbezüglich ist eine Einrichtung 18 vorgesehen, die eine stoßartige örtliche Belastung auf den Diffusionsverbund 25 im Fügebereich 5 aufbringt sowie ferner eine Einrichtung 19, welche den Fügebereich auf eine sehr hohe Temperatur erwärmt, die jedoch ebenfalls unterhalb der Schmelztemperatur der miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile 3 und 4 aus oxid-dispergierten-metallischen Werkstoffen liegt. Dies kann unmittelbar im Anschluss an das Rollennaht-Schweißverfahren geschehen, d.h. in einer gemeinsamen Vorrichtung, wobei der vorrichtungsmäßige Aufwand in diesem Fall sehr hoch ist und nur über Spezialvorrichtungen realisiert werden kann. Dies bedeutet, dass die miteinander zu verbindenden Bauteile 3 und 4 in Vorschubrichtung dann der Einrichtung 19 und der Einrichtung 18 zugeführt werden. Die Einrichtung 19 und die Einrichtung

18 können dabei ebenfalls räumlich zusammengefasst sein oder aber hintereinander geschaltet. Vorzugsweise erfolgt jedoch der zweite Verfahrensschritt der mechanischen Nachverdichtung räumlich und zeitlich getrennt zum ersten. In diesem Fall werden die Bauteile 3 und 4 zuerst mittels dem Rollennaht-Schweißverfahren verbunden in der Schweißvorrichtung 1. Nach Passieren der Schweißvorrichtung 1 können die so hergestellten Diffusionsverbunde 25 erst einmal zwischengelagert werden und werden dann in einem weiteren zweiten Verfahrensschritt, d.h. in zeitlichem Abstand zum Schweißvorgang, der mechanischen Nachbearbeitung, insbesondere Nachverdichtung, unterzogen. Die Wahl der Vorgehensweise liegt dabei im Ermessen des zuständigen Fachmanns.

Die Erwärmung zum Zwecke der Nachverdichtung erfolgt vorzugsweise durch direkten Stromfluss. Die Einrichtung 19 ist dann diesbezüglich auszulegen.

Die Nachverdichtung kann dabei, wie dargestellt einseitig erfolgen. In diesem Fall umfasst die Einrichtung 18 eine erste Teileinrichtung, die gegenüber den mittels Diffusionsverbund 25 verbundenen Bauteilen 3 und 4 bewegbar gelagert ist und eine stoß- bzw. schlagartige Belastung auf diese aufbringt. Die zweite Teileinrichtung stützt dabei die Bauteile 3 und 4 ab. Es ist jedoch auch denkbar, die mechanische Nachverdichtung durch Aufbringen einer stoßartigen Belastung beidseitig des Diffusionsverbundes 25 zu erzielen.

Die Figuren 2a und 2b verdeutlichen eine vereinfachte Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Pressschweißen von oxid-

dispersionsverstärkten-Edelmetall-Legierungsbauteilen 3.2 und 4.2 gemäß der Figuren 1a und 1b, bei welchem auf eine Anordnung der Bauteile 3.2 und 4.2 in einer Ebene E1 verzichtet wurde. Die Bauteile 3.2 und 4.2 sind in zwei Ebenen E1 und E2 einander überlappend angeordnet, d.h. auf die Fase 7 bzw. 8 wurde verzichtet. Die Überschneidung beider bestimmt dabei den Überlappungsbereich 6.2. Der Grundaufbau der Schweißvorrichtung 1.2 entspricht dem in der Figur 1a beschriebenen, weshalb für gleiche Elemente die gleichen Bezugszeichen

verwendet werden. Bezüglich der Funktionsweise der Schweißvorrichtung 1.2 kann auf die Beschreibung zu Figur 1a verwiesen werden. Die Figur 2b verdeutlicht eine Schnittdarstellung II-II gemäß Figur 2a. Auch hier wird ersichtlich, dass der Abstand a_2 zweier bei Verbindung der einzelnen Stoßstellen entstehenden benachbarten Schweißpunkte, hier beispielsweise 25.23 und 25.24 in Vorschubrichtung betrachtet geringer ist als die Abmessung a_1 eines Schweißpunktes 25.23 in dieser Richtung. Bei sehr hoher Schweißpunkt- und damit Nahtdicke kann der Diffusionsverbund 25.2 in Form einer Naht 16.2 mit nahezu gleichmäßiger Nahtdicke d über die Erstreckung in Vorschubrichtung erzeugt werden.

Auch die Naht 16.2 gemäß Figur 2 ist einreihig. Denkbar ist jedoch auch bei dieser Art der Anordnung der Bauteile 3.2 und 4.2 eine zweireihige Nahtausführung. In diesem Fall wäre eine zweite parallele Naht 16.22 zur Naht 16.2 in einem Abstand a angeordnet. Diese ist hier nur zur Verdeutlichung dieser Möglichkeit mit unterbrochener Linie in Figur 2a dargestellt und wird vorzugsweise über hier nicht dargestellte weitere Schweißelektroden, welche parallel zu den Schweißelektroden 11.2 und 12.2 angeordnet sind, erzeugt.

Die Figur 2c verdeutlicht eine Weiterentwicklung gemäß Figur 2a mit Vorsehen eines Schweißzusatzes 26.2 im Fügebereich 5.2. Dieser umfasst hier wenigstens die Beschichtung einer Kontaktfläche 22.2 oder 23.2 im Überlappungsbereich 6.2 der beiden miteinander zu verbindenden Bauteile 3.2 bzw. 4.2, vorzugsweise beide zueinander weisende Kontaktflächen 22.2 und 23.2. Die Materialwahl für den Schweißzusatz 26.2 und das Grundprinzip der Wirkungsweise entspricht dabei dem in der Figur 1c beschriebenen.

Während in den Figuren 1a bis 1c zur Realisierung eines Diffusionsverbundes 25 von einem Pressschweißverfahren ausgegangen wurde, verdeutlicht die Figur 3 eine weitere Möglichkeit mittels eines modifizierten Schmelzschweißverfahrens.

5 Beide Bauteile 3.3 und 4.3 weisen eine Fase auf und die Anordnung der beiden Bauteile 3.3 und 4.3 erfolgt dabei breitflächig übereinander im Bereich der Fasen, d.h. sowohl in Vorschubrichtung als auch quer zu dieser, wie in den Figuren 1a und 1b dargestellt. Im Kontaktbereich zwischen beiden Bauteilen 3.3 und 4.3, insbesondere der Kontaktflächen 22.3 und 23.3 wird der Überlappungsbereich 6.3 gebildet. Als Schweißvorrichtung 1.3 findet dabei eine WIG-Schweißvorrichtung 20
10 Verwendung. Diese umfasst wenigstens eine Elektrode 21, welche dem Überlappungsbereich 6.3 im Fügebereich 5.3 zugeordnet ist und einen Energieeintrag zwischen die beiden Kontaktflächen 22.3 und 23.3 im Überlappungsbereich 6.3 ermöglicht. Die beiden miteinander zu verschweißenden
15 Bauteile 2.3 und 4.3 werden dabei beim eigentlichen Schweißvorgang nicht vollständig aufgeschmolzen, sondern nur der obere Bereich. Die Aufschmelzzone der WIG-Naht 24 beträgt nur ca. 15 bis 25 % der Blechdicke eines der beiden Bauteile 4.3 oder 3.3. Im Nachgang zur Erzeugung der WIG-Naht 24 wird diese in einem weiteren zweiten Verfahrensschritt mechanisch nachverdichtet durch
20 Verhämmern. Dabei kann sich dieser Verfahrensschritt wie in der Figur 3b dargestellt direkt an den Schweißvorgang anschließen, indem der eingebrachte Energieeintrag gleichzeitig die Temperatur für den Vorgang des Verhämmerns bestimmt. Auch hier ist eine entsprechende Einrichtung 18 zum Aufbringen einer örtlichen schlagartigen Belastung vorgesehen. Diese ist dabei der
25 Schweißeinrichtung 1.3 in Vorschubrichtung nachgeschaltet. Zusätzlich kann der Einrichtung 18 eine Einrichtung 19 zur Erwärmung des Diffusionsverbundes 25.3 vorgeschaltet werden. Alternativ ist auch eine räumliche und zeitliche Trennung zwischen beiden Verfahrensschritten möglich, wie beispielsweise in Figur 1d beschrieben. Das Endprodukt ist in beiden Fällen eine unlösbar stoffschlüssige
30 Verbindung 2.3.

Die Figur 4a verdeutlicht einen metallographischen Querschliff durch die Schweißnaht zweier miteinander verschweißter PtRh10-ODS-Bleche. Dabei wurde im ersten Verfahrensschritt mittels Rollennahtschweißens gefügt. Der endgültige Diffusionsverbund erfolgte durch Hammerschweißung. Es wurde kein
5 Schweißzusatz eingesetzt. Im Bereich der ehemaligen Berührungsflächen der überlappenden Bereiche ist kaum noch ein Gefügeunterschied zu erkennen. Besonders deutlich wird dies im mittleren Bild.

Die Figur 4b verdeutlicht einen metallographischen Querschliff durch die Schweißnaht zweier miteinander verschweißter PtRh 10-ODS metallischer Bauteile. Es wurde zwar mittels Rollennahtschweißens gefügt, anschließend erfolgte der endgültige Diffusionsverband durch Hammerschweißung. Dabei wurde im Überlappungsbereich bzw. Fügebereich eine Folie aus Rein-Platin als
15 Schweißzusatz zwischen die miteinander zu verbindenden Werkstoffe gelegt. Deutlich erkennbar ist die gröbere Kornstruktur in der Folie verglichen mit dem feinkörnigen Gefüge des ODS-Materials.

Bezugszeichenliste

	1, 1.2, 1.3	Schweißvorrichtung
	2, 2.2, 2.3	stoffschlüssige Verbindung
5	3, 3.2, 3.3	erstes Bauteil
	4, 4.2, 4.3	zweites Bauteil
	5, 5.2, 5.3	Fügebereich
	6, 6.2, 6.3	Überlappungsbereich
	7	Fase
	8	Fase
	9	Fasenfläche
	10	Fasenfläche
	11, 11.2	Schweißelektrode
	12, 12.2	Schweißelektrode
15	13	Stromquelle
	14	Steuervorrichtung
	15	Lagerung
	16, 16.2	Naht
	17	Edelmetallfolie
20	18	Einrichtung
	19	Einrichtung zur Erwärmung des Fügebereichs
	20	WIG-Schweißvorrichtung
	21	Elektrode
	22.2, 22.3	Kontaktfläche
25	23.2, 23.3	Kontaktfläche
	24	WIG-Naht
	25, 25.2,	
	25.3	Diffusionsverbund
	26, 26.2	Schweißzusatz
30	E1	Ebene
	E2	Ebene

L Länge des Überlappungsbereiches
WEZ Wärmeeinflusszone

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2, 2.2; 2.3 aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen, insbesondere zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2, 2.2; 2.3) von Bauteilen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen durch Verschweißen, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
 - 1.1 die miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) werden einander überlappend unter Bildung eines Überlappungsbereiches (6; 6.2; 6.3) angeordnet und im Fügebereich (5; 5.2; 5.3) unterhalb ihrer Schmelztemperatur erwärmt und unter wenigstens teilweiser Bildung eines Diffusionsverbundes (25; 25.2; 25.3) verschweißt;
 - 1.2 der Diffusionsverbund (25; 25.2; 25.3) wird auf eine Temperatur, die unterhalb der Schmelztemperatur der miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) liegt, erwärmt und mechanisch nachverdichtet.
2. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung der miteinander zu verbindenden Werkstoffe (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) im Fügebereich (5; 5.2; 5.3) auf eine Temperatur, welche in einem Bereich zwischen einschließlich dem 0,6- bis 0,9-fachen der Schmelztemperatur des Werkstoffes (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) mit der geringeren Schmelztemperatur liegt, erfolgt.
3. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

dass die mechanische Nachverdichtung des Diffusionsverbundes (25; 25.2; 25.3) unmittelbar dem Verschweißvorgang nachgeschaltet wird.

5

4. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Nachverdichtung des Diffusionsverbundes (25; 25.2; 25.3) bei einer Temperatur, die dem Energieeintrag aus dem Verschweißvorgang entspricht, erfolgt.



15

5. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Nachverdichtung zeitlich und örtlich versetzt zum Verschweißvorgang erfolgt.

20



6. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung des Diffusionsverbundes (25; 25.2; 25.3) auf eine Temperatur im Bereich von einschließlich des 0,6 bis 0,9-fachen Betrages der Schmelztemperatur des Werkstoffes (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) mit der geringeren Schmelztemperatur erfolgt.

25

7. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 3, 5 oder 6 dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung des Diffusionsverbundes (25; 25.2; 25.3) durch direkten Stromfluss erfolgt.

30

8. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Nachverdichtung durch Aufbringung einer stetigen schlagartigen Belastung in Form des Verhämmerns auf den Diffusionsverbund (25; 25.2; 25.3) erfolgt.
9. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die schlagartige Belastung beidseitig gleichmäßig auf den Diffusionsverbund (15; 25.2; 25.3) aufgebracht wird.
10. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschweißvorgang frei von einem Schweißzusatz erfolgt.
11. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschweißvorgang mit einem Schweißzusatz (26, 26.2) erfolgt, der zwischen den miteinander zu verbindenden Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) im Fügebereich (5; 5.2; 5.3) angeordnet wird.
12. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweißzusatz (26) wenigstens eine Edelmetallfolie (17) zwischen den miteinander zu verbindenden Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) im Fügebereich (5) angeordnet wird.

13. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Edelmetallfolie (17) verwendet wird, welche duktiler als Blech ist.
14. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Edelmetallfolie (17) eine Dicke im Bereich von einschließlich 20 µm bis 200 µm aufweist.
15. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zwei einander überlappend angeordnete Edelmetallfolien (17) vorgesehen sind.
16. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweißzusatz (26.2) eine an den zueinander weisenden Kontaktflächen (22.2, 23.2) der miteinander zu verbindenden Werkstoffe (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) im Fügebereich (5.2) angeordnete Edelmetallbeschichtung verwendet wird.
17. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Schweißzusatz (26; 26.2) aus einer der nachfolgend genannten Legierungen oder einer Kombination aus diesen besteht:

- Pt
- Pt-Ir
- Pt-Au
- Pt-Ph.

5

18. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung der Werkstoffe (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) im Fügebereich (5; 5.2) durch einen Überlappungsstoß charakterisiert sind.

15

19. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verbindenden Werkstoffe (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) im Fügebereich (5; 5.2; 5.3) einander überlappend unter Bildung eines Überlappungsbereiches (6; 6.2; 6.3) angeordnet werden, wobei dieser durch einen Parallelstoß charakterisiert ist.

20

20. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verbindenden Werkstoffe (3, 4; 3.3, 4.3) im Fügebereich (5; 5.3) jeweils eine Fase (7, 8) aufweisen und diese an den Fasenflächen (9, 10) einander überlappend angeordnet werden.

25

21. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.3, 4.3) nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffe (3, 4; 3.3, 4.3) in einer Ebene E1

30

angeordnet sind und der Überlappungsbereich (6; 6.3) sich über die gesamte Faserfläche (9, 10) erstreckt.

5

22. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserlänge l dem 2- bis fünffachen Betrag der Dicke der Bauteile (3, 4; 3.3, 4.3) entspricht.



23. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens der Teil der Faserfläche (9, 10), welcher im Fügebereich (5; 5.3) liegt, mit einer erhöhten Oberflächenrauigkeit gegenüber den anderen Flächen der Bauteile (3, 4; 3.3, 4.3) versehen ist.

15

20



24. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.3, 4.3) nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Faserflächen (9, 10) bereits bei der Fertigung der Fasen (7, 8) oder durch eine Nachbearbeitung mittels einer Prägewalze mit einer höheren Oberflächenrauigkeit als die restlichen Flächen der Bauteile (3, 4; 3.3, 4.3) versehen werden.

25

25. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 20 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die gesamte Faserfläche (9, 10) mit einer erhöhten Oberflächenrauigkeit versehen ist.

30

26. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.3, 4.3)

nach einem der Ansprüche 20 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die gemittelte Rauhtiefe R_z der aufgerauten Bereiche zwischen einschließlich $40\text{ }\mu\text{m}$ bis $120\text{ }\mu\text{m}$ beträgt.

- 5 27. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verbindung von n oxid-dispersions-verstärkten Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) die Anzahl der in einer senkrechten Schnittebene durch den Überlappungsbereich (6.2) parallelen Fügebereiche (5.2), welche zwischen jeweils zwei Bauteile (3.2, 4.2) bestehen, gleich (n-1) beträgt, mit $n \in [0,3]$.
- 15 28. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die sich durch die überlappende Anordnung ergebenden Stoßstellen der oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffe (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) durch gleichmäßige Wärmezufuhr beidseitig des
- 20 Überlappungsbereiches (6; 6.2) in der Wärmeeinflusszone (WEZ) örtlich nacheinander fortlaufend in Vorschubrichtung der Schweißvorrichtung (1; 1.2) oder der miteinander zu verbindenden Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) in den fließfähigen Zustand versetzt und unter Druck plastisch vereinigt werden, wobei der Abstand (a, a2) zweier bei Verbindung der einzelnen
- 25 Stoßstellen entstehenden benachbarten Schweißpunkte (25.13, 25.14; 25.23, 25.24) in Vorschubrichtung betrachtet geringer ist als die Abmessung eines Schweißpunktes (a1; a2) in dieser Richtung.
- 30 29. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass als

Schweißverfahren ein Nahtschweißverfahren eingesetzt wird, wobei die Anordnung der Nahtverbindungen (16; 16.2; 16.22) in Vorschubrichtung betrachtet einreihig oder zweireihig erfolgt.

- 5 30. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass die in Vorschubrichtung einander benachbarten Schweißpunkte (25.11, 25.12, 25.13, 25.14; 25.21, 25.22; 25.23, 25.24) eine Naht (16; 16.2) bilden, die in Vorschubrichtung durch keine oder nur sehr geringe Schwankungen der Nahtdicke (d) charakterisiert ist.

- 15 31. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die zum Versetzen der Stoßstellen in den fließfähigen Zustand erforderliche Wärme durch wenigstens eine der genannten Energiequellen bereitgestellt wird:
- Elektroenergie
 - Ultraschall
 - Induktion.
- 20

- 25 32. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten–(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweißverfahren ein Widerstandsschweißverfahren zum Einsatz gelangt, bei welchem beidseitig jeweils über wenigstens eine an eine Stromquelle anschließbare Schweißelektrode (11, 11.2; 12, 12.2) die erforderliche Schmelzwärme beim kurzzeitigen Wirken eines Stromes an der Schweißelektrode (11, 11.2; 12, 12.2) durch den hohen Übergangswiderstand am Bauteil hervorgerufen wird.
- 30

33. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufschmelztiefe an den oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) als Funktion der Stromstärke (I) und/oder der Vorschubgeschwindigkeit und/oder des Anpressdruckes (p) steuerbar ist.

5

34. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2) nach einem der Ansprüche 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, dass als Widerstandsschweißverfahren ein Rollennahtschweißverfahren eingesetzt wird, wobei beidseitig des Überlappungsbereiches (6; 6.2) Schweißelektroden (11, 12; 11.2, 12.2) in Form von drehbar gelagerten Rollelektroden angeordnet sind, von denen wenigstens eine antreibbar ist und die gleichzeitig auch einen Druck auf die Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2) ausüben.

15

35. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2) nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Rollelektroden zur Veränderung des Anpressdruckes (p) verschiebbar gegenüber den Bauteilen (3, 4; 3.2, 4.2) gelagert sind.

20

36. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3.3, 4.3) nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweißverfahren ein hinsichtlich des Energieeintrages modifiziertes WIG-Schweißverfahren eingesetzt wird.

25

30

37. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verschweißenden Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) aus unterschiedlichen Materialien bestehen.

5

38. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verschweißenden Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) aus einem oxid-dispergiertem Material auf Basis Pt-ODS oder Pt-Au5-ODS oder PtRh10-ODS bestehen.

39. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verschweißenden Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) aus nicht verfestigten, d.h. rein schmelzlegierten Materialien bestehen.

15

40. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) aus Materialien auf der Basis von Pt, Pt-Au, Pt-Rh oder Pt-Ir bestehen.

20

41. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verbindenden Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) eine unterschiedliche Dicke aufweisen.

25

30

- 5
42. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweißposition eine kombinierte Wannen- und Überkopflage gewählt wird.
- 10
43. Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2; 2.2; 2.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) nach einem der Ansprüche 1 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Schweißposition durch die senkrechte Anordnung der Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) und Querlage der Schweißvorrichtung (1; 1.2) charakterisiert ist.
- 15
44. Bauelement aus oxid-dispergierten-(ODS)-Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3), dadurch gekennzeichnet, dass dieses aus wenigstens zwei Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-Werkstoffen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) besteht, die nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 43, verbunden sind.
- 20
45. Bauelement nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass dieses als Führungselement zur Führung von Glasschmelzen ausgebildet ist.
- 25
46. Bauelement nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, dass dieses als Rinne oder Rohr ausgeführt ist.
- 30
47. Bauelement nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass dieses als Aggregat zur Glasschmelzhomogenisierung ausgebildet ist.
48. Bauelement nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass dieses als Läuterkanne, Rührtiegel oder Rührer ausgeführt ist.

49. Bauelement nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass dieses als Bestandteil eines Speisesystems oder Heißformgebungssystems ausgeführt ist.

Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen oder von Bauteilen aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen durch Verschweißen

5

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2, 2.2; 2.3 aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen, insbesondere zur Herstellung unlösbarer stoffschlüssiger Verbindungen (2, 2.2; 2.3) von Bauteilen (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) aus oxid-dispergierten-(ODS)-metallischen Werkstoffen durch Verschweißen. Die erfindungsgemäße Lösung ist dadurch gekennzeichnet, dass die miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) einander überlappend unter Bildung eines Überlappungsbereiches (6; 6.2; 6.3) angeordnet und im Fügebereich (5; 5.2; 5.3) unterhalb ihrer Schmelztemperatur erwärmt und unter wenigstens teilweiser Bildung eines Diffusionsverbundes (25; 25.2; 25.3), vorzugsweise mittels eines Rollennaht-Schweißverfahrens verschweißt werden. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführung wird im Überlappungsbereich eine Edelmetallfolie zwischen den miteinander zu verbindenden Bauteilen angeordnet. Der Diffusionsverbund (25; 25.2; 25.3), vorzugsweise der Fügebereich, wird im anschließenden Verfahrensschritt auf eine Temperatur, die unterhalb der Schmelztemperatur der miteinander zu verbindenden Werkstoffe bzw. Bauteile (3, 4; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) liegt, erwärmt und mechanisch nachverdichtet, vorzugsweise durch Verhämmern.

Figur 3b

Fig. 1a

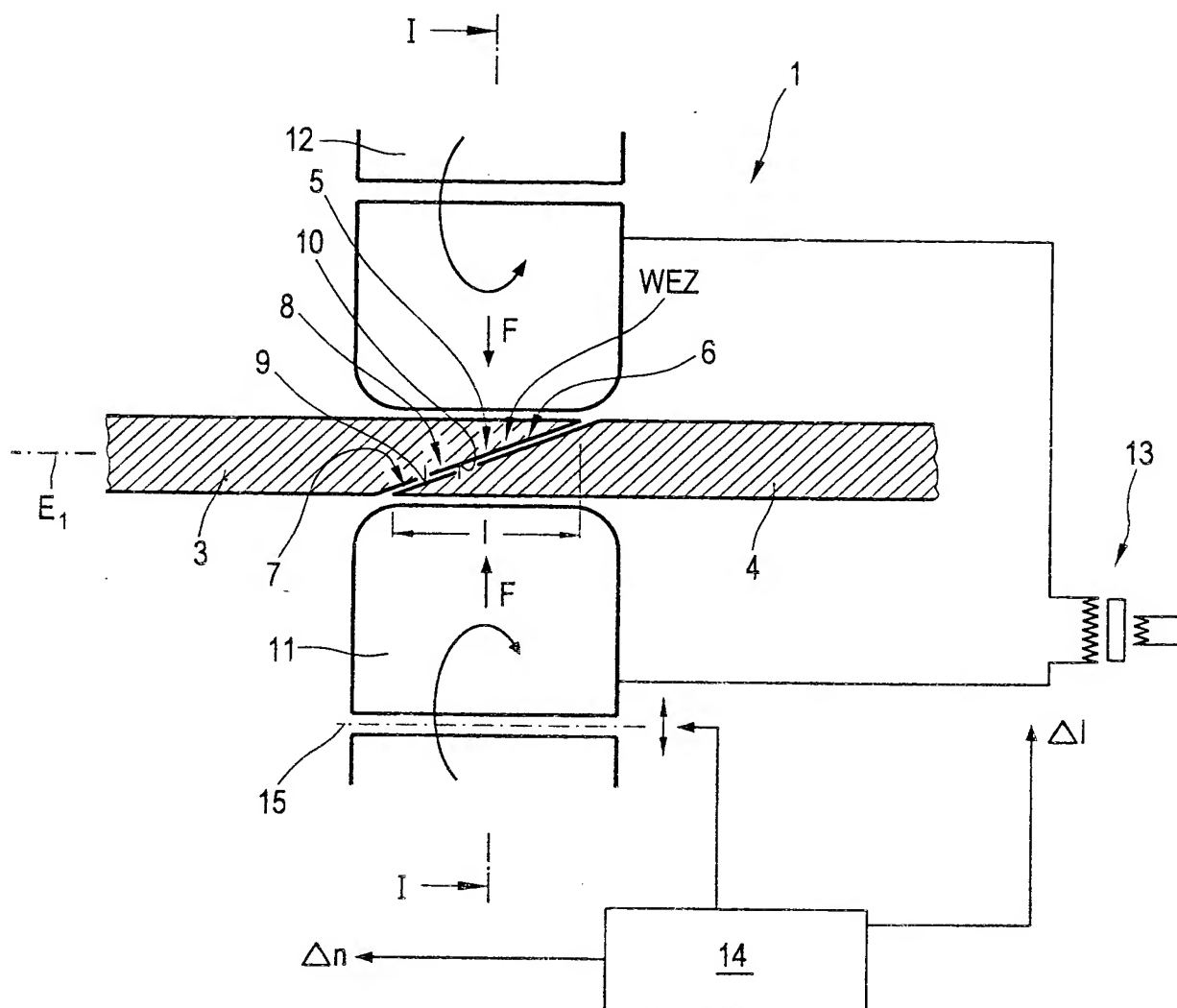


Fig. 1b

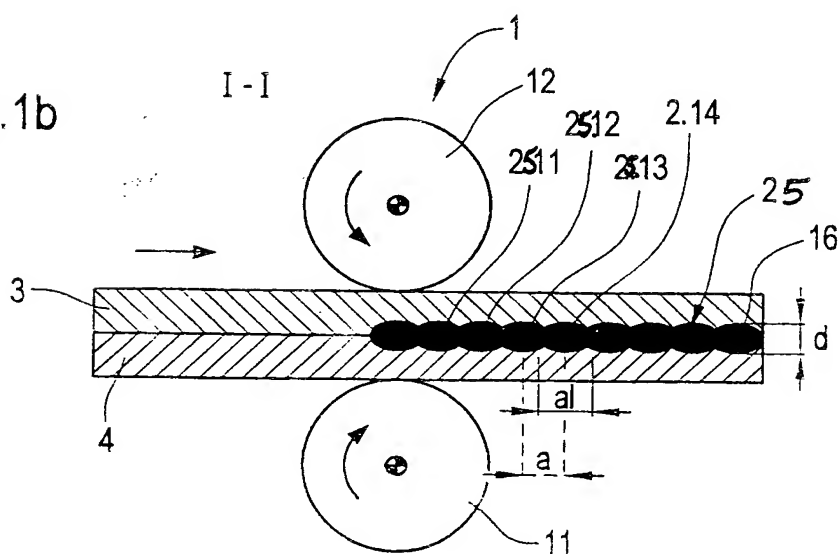


Fig. 1d

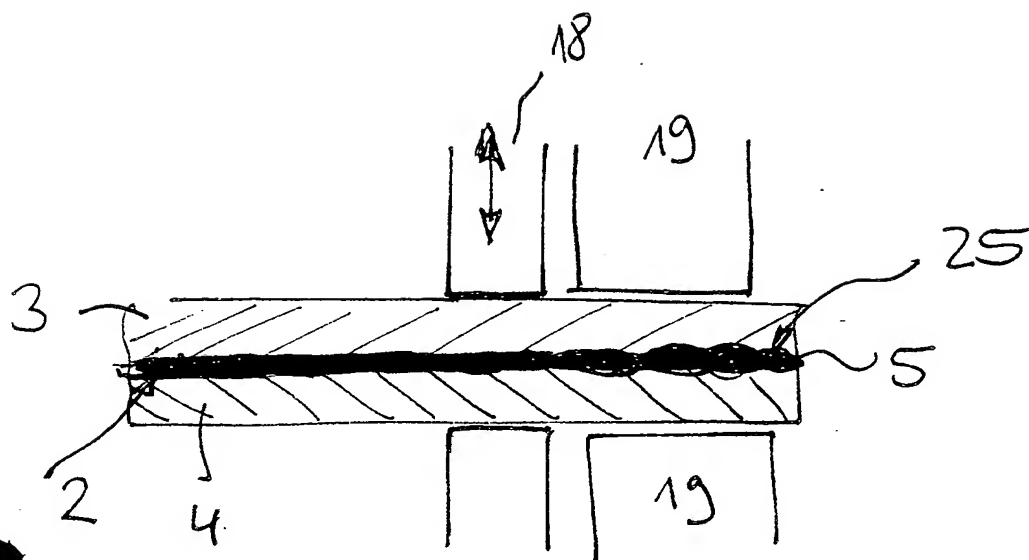


Fig. 1c

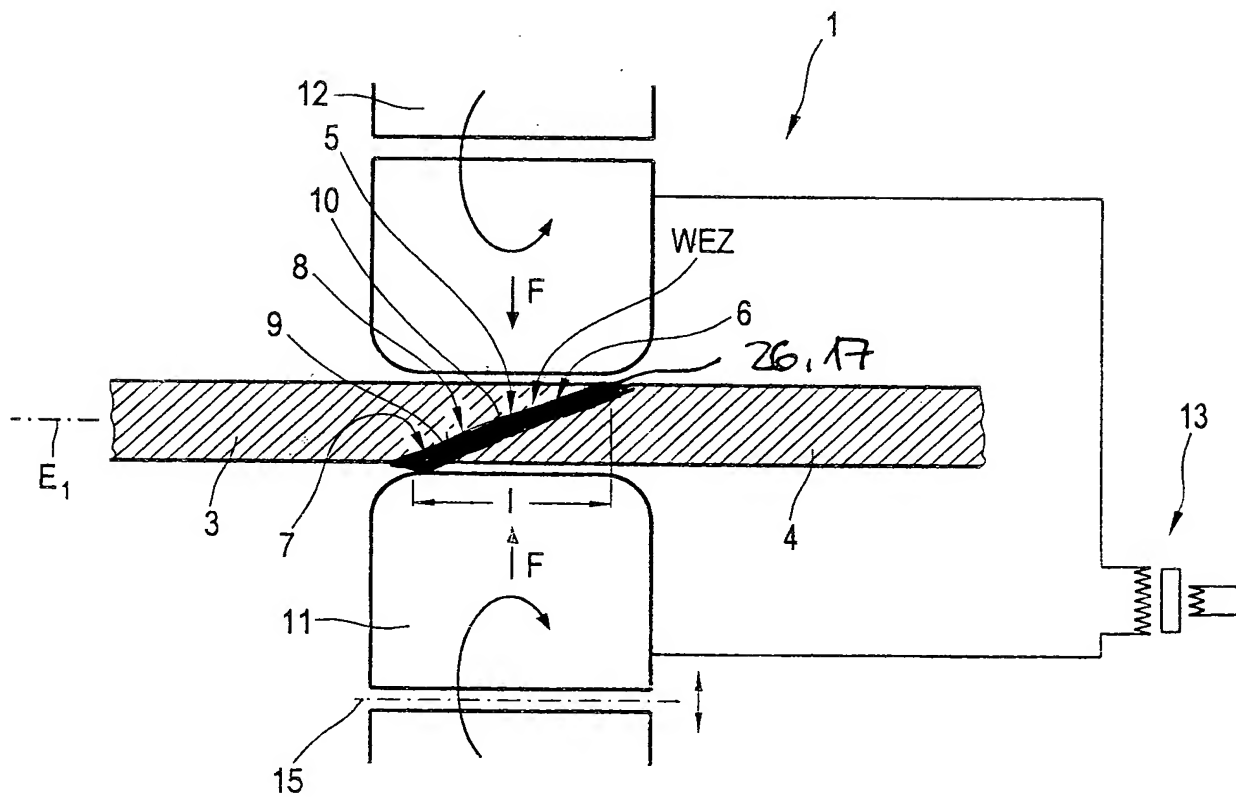


Fig.2a

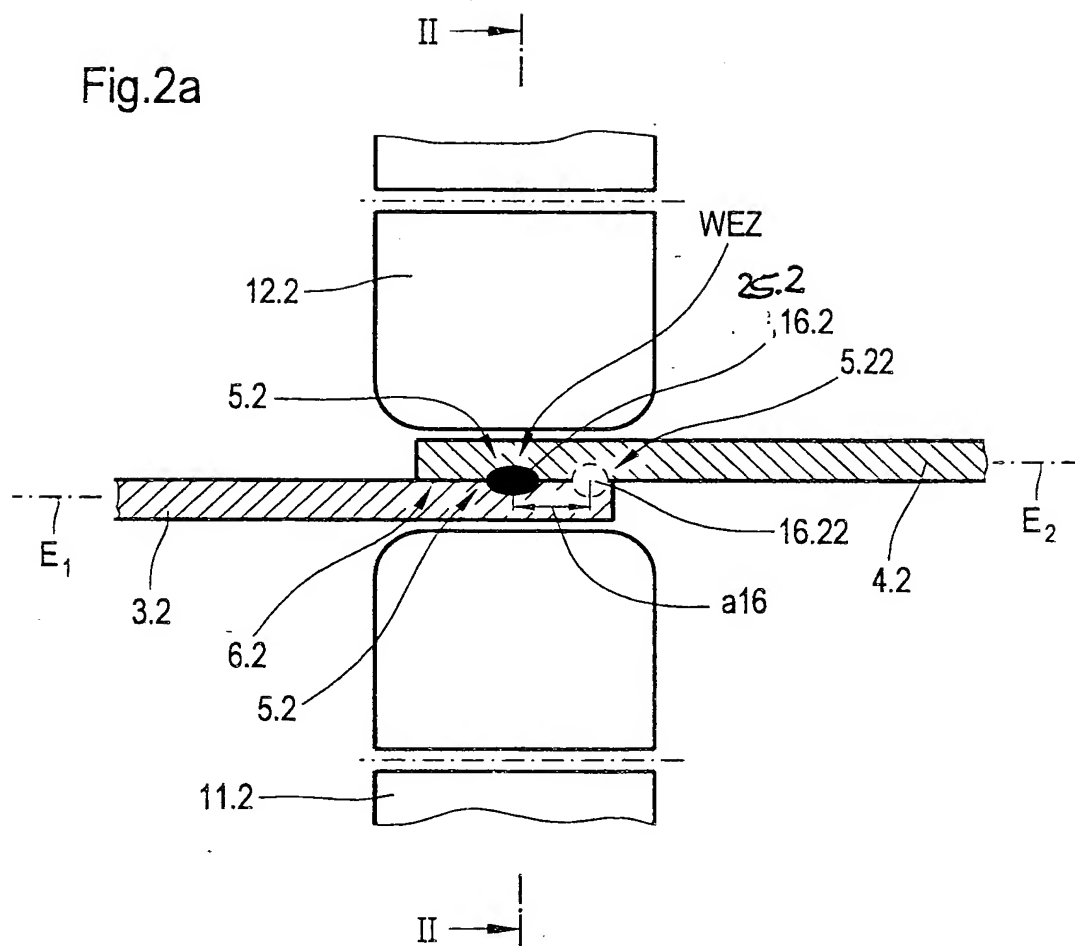


Fig.2b

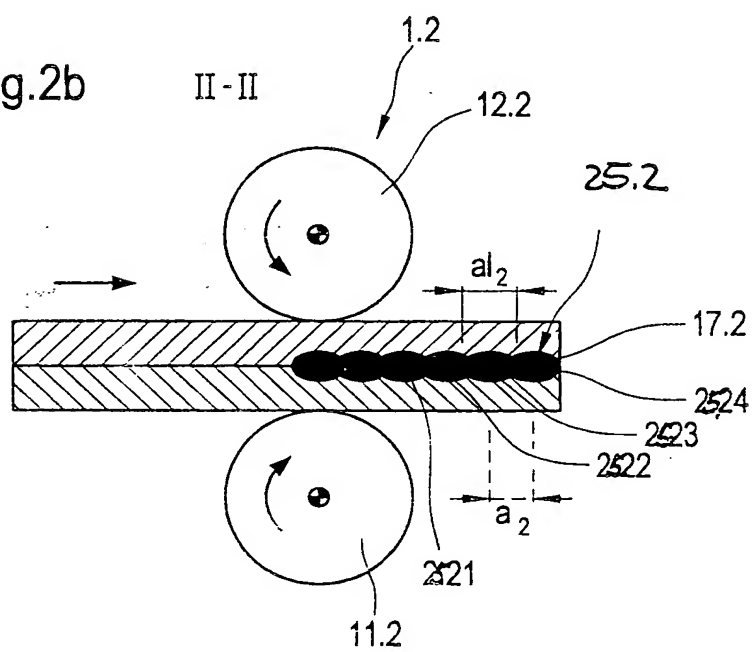




Fig. 3a

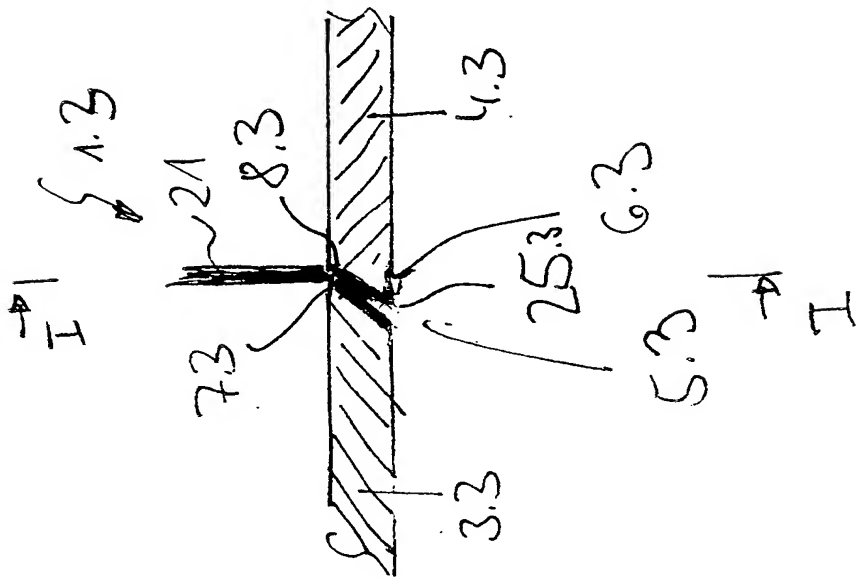
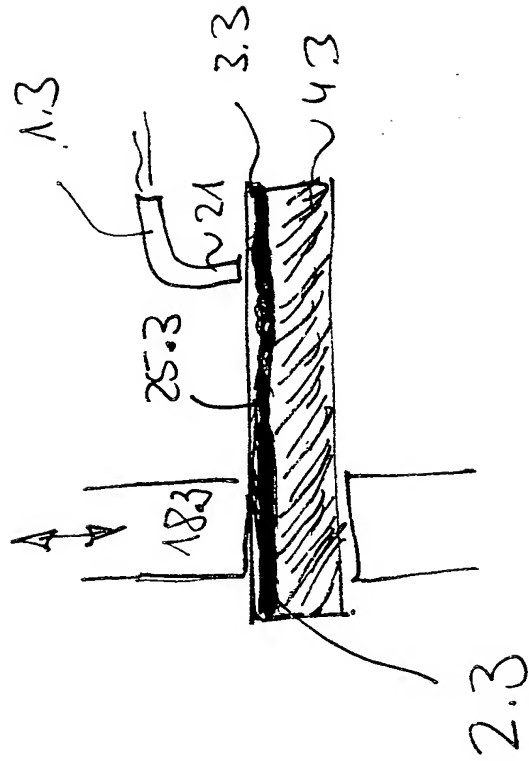
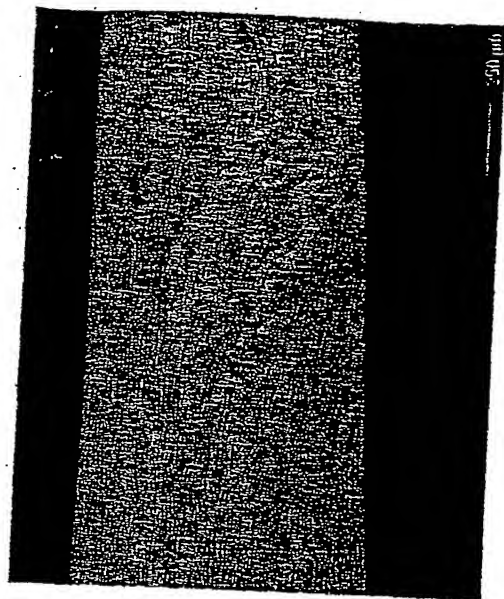
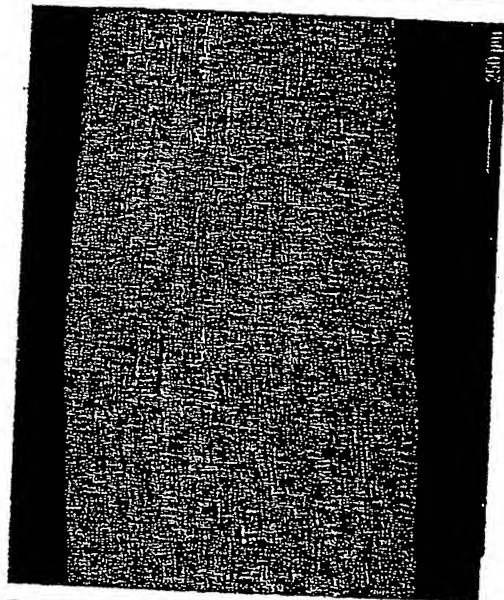
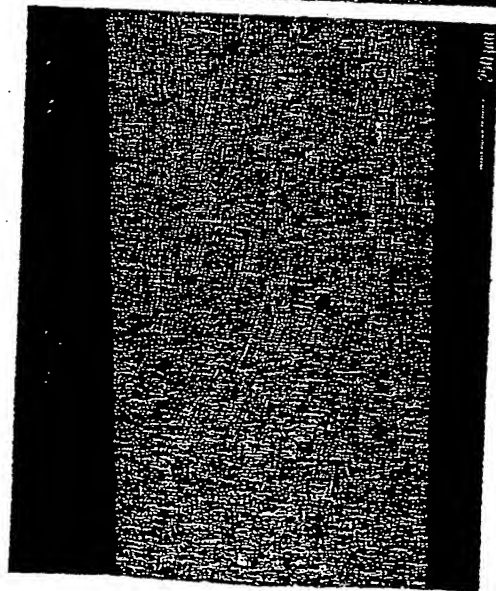


Fig. 3b



P 16055

4-a



4-b

